

S PN=JP 5150159

S2 1 PN=JP 5150159

?

T/35

2/35/1

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat

(c) 2003 EPO. All rts. reserv.

11240919

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 5150158 A2 930618 <No. of Patents: 005>

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date
JP 5150158	A2	930618	JP 91317692	A	911202 (BASIC)
JP 5150159	A2	930618	JP 91317693	A	911202
JP 2924377	B2	990726	JP 91317693	A	911202
US 5390048	A	950214	US 984311	A	921201
US 5539579	A	960723	US 341885	A	941115

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 91317692 A 911202

JP 91317693 A 911202

US 341885 A 941115

US 984311 A3 921201

PATENT FAMILY:

JAPAN (JP)

Patent (No,Kind,Date): JP 5150158 A2 930618

PROJECTION LENS AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE (English)

Patent Assignee: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Author (Inventor): MIYATAKE YOSHITO; KIMURA YUICHI; MITO SHINYA;
FUSHIMI YOSHIMASA

Priority (No,Kind,Date): JP 91317692 A 911202

Applic (No,Kind,Date): JP 91317692 A 911202

IPC: * G02B-013/16; G02B-013/18; H04N-005/74

Derwent WPI Acc No: ; G 93-229278

JAPIO Reference No: ; 170539P000087

Language of Document: Japanese

Patent (No,Kind,Date): JP 5150159 A2 930618

PROJECTION LENS AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE (English)

Patent Assignee: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Author (Inventor): MIYATAKE YOSHITO; KIMURA YUICHI; MITO SHINYA;
FUSHIMI YOSHIMASA

Priority (No,Kind,Date): JP 91317693 A 911202

Applic (No,Kind,Date): JP 91317693 A 911202

IPC: * G02B-013/16; G02B-013/18; H04N-005/74

Derwent WPI Acc No: ; G 93-229279

JAPIO Reference No: ; 170539P000087

Language of Document: Japanese

Patent (No,Kind,Date): JP 2924377 B2 990726

Patent Assignee: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Author (Inventor): MIYATAKE YOSHITO; KIMURA JUICHI; MITO SHINYA;
FUSHIMI YOSHIMASA

Priority (No,Kind,Date): JP 91317693 A 911202

Applic (No,Kind,Date): JP 91317693 A 911202

IPC: * G02B-013/16; G02B-013/18; H04N-005/74

Language of Document: Japanese

UNITED STATES OF AMERICA (US)

Patent (No,Kind,Date): US 5390048 A 950214

PROJECTION LENS ASSEMBLY AND PROJECTION DISPLAY APPARATUS (English)

Patent Assignee: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (JP)

Author (Inventor): MIYATAKE YOSHITO (JP); KIMURA YUICHI (JP);
SANNOHE SINYA (JP); FUSHIMI YOSHIMASA (JP)

Priority (No,Kind,Date): JP 91317692 A 911202; JP 91317693 A
911202

Applic (No,Kind,Date): US 984311 A 921201

National Class: * 359650000; 359651000; 359663000; 359784000;
359781000; 359753000

IPC: * G02B-009/12; G02B-009/34; G02B-013/22

Derwent WPI Acc No: * G 93-229278; G 93-229279

JAPIO Reference No: * 170539P000087

Language of Document: English

Patent (No,Kind,Date): US 5539579 A 960723

PROJECTION LENS ASSEMBLY AND PROJECTION DISPLAY APPARATUS Projection
lens assembly and projection display apparatus (English)

Patent Assignee: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (JP)

Author (Inventor): MIYATAKE YOSHITO (JP); KIMURA YUICHI (JP);
SANNOHE SINYA (JP); FUSHIMI YOSHIMASA (JP)

Priority (No,Kind,Date): US 341885 A 941115; JP 91317692 A
911202; JP 91317693 A 911202; US 984311 A3 921201

Applic (No,Kind,Date): US 341885 A 941115

Addnl Info: 5390048 Patented

National Class: * 359634000; 353030000; 353034000

IPC: * G02B-027/14; G03B-021/26

Derwent WPI Acc No: * G 93-229278; G 93-229279

JAPIO Reference No: * 170539P000087

Language of Document: English

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-150159
 (43)Date of publication of application : 18.06.1993

(51)Int.Cl. G02B 13/16
 G02B 13/18
 H04N 5/74

(21)Application number : 03-317693 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

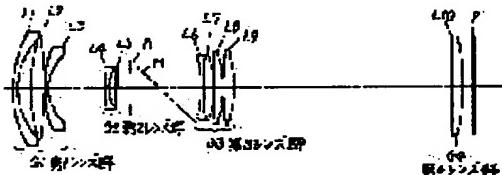
(22)Date of filing : 02.12.1991 (72)Inventor : MIYATAKE YOSHITO
 KIMURA YUICHI
 MITO SHINYA
 FUSHIMI YOSHIMASA

(54) PROJECTION LENS AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain the projection type display device which is compact although the screen is specially large, and displays a projection image of high picture quality as to a wide-angle projection lens which has a relatively long air interval internally and a projection type display device which uses this projection lens.

CONSTITUTION: A 1st lens group G1 with negative power, a 2nd lens group G2 with negative power, a 3rd lens group G3 with positive power, and a 4th lens group G4 with positive power are arranged in order from a screen side. The power of the 2nd lens group G2 is less than the power of the 1st lens group G1 and relatively long air intervals are provided among the respective lens groups G1, G2, G3, and G4. The back focus ratio of the 2nd lens group G2 with the weak negative power can be made large without increasing various aberrations of the whole system and the 4th lens group G4 has telecentric characteristics improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.01.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2924377

[Date of registration] 07.05.1999

[Number of appeal against examiner's decision]

[Date of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-150159

(43)公開日 平成5年(1993)6月18日

(51)Int.Cl.⁵
G 0 2 B 13/16
13/18
H 0 4 N 5/74

識別記号 庁内整理番号
8106-2K
8106-2K
A 7205-5C

F I

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平3-317693

(22)出願日 平成3年(1991)12月2日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 宮武 義人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 木村 雄一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 三戸 真也

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小銀治 明 (外2名)

最終頁に続く

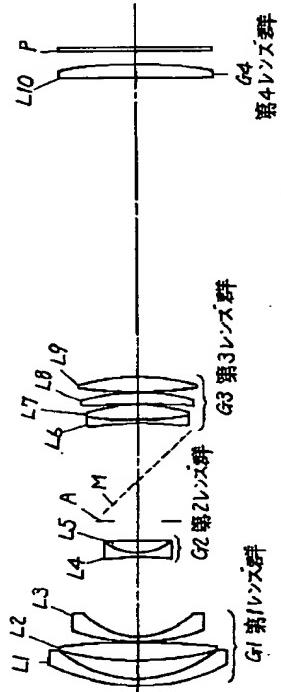
(54)【発明の名称】 投写レンズおよび投写型表示装置

(57)【要約】

【目的】 内部に比較的長い空気間隔を有する広角の投写レンズと、この投写レンズを用いた投写型表示装置に関するもので、特に大画面でありながらコンパクトで高画質の投写画像を表示できる投写型表示装置を提供する。

【構成】 スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群80と、負パワーの第2レンズ群81と、正パワーの第3レンズ群82と、正パワーの第4レンズ群83を配置する。第2レンズ群81のパワーは第1レンズ群80のパワーより弱くし、各レンズ群80, 81, 82, 83の間に比較的長い空気間隔を設ける。

【効果】 弱い負パワーの第2レンズ群81は全系の諸収差を大きくすることなくバックフォーカス比を大きくすることができ、さらに第4レンズ群83はテレセントリック性を良好にすることができます。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、負パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群と、前記スクリーンの反対側の焦点の近傍に配置される正パワーの第4レンズ群とを備え、前記各レンズ群の間に比較的長い空気間隔を設け、前記スクリーンの反対側の空間において主光線が前記第4レンズ群の光軸と略平行となるようにした投写レンズ。

【請求項2】 スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、負パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群と、前記スクリーンの反対側の焦点の近傍に配置される正パワーの第4レンズ群とを備え、前記各レンズ群の間に比較的長い空気間隔を設け、前記スクリーンの反対側の空間において主光線が前記第4レンズ群の光軸と略平行となるようにし、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間または前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に平面ミラーを配置した投写レンズ。

【請求項3】 第1レンズ群のパワーに比べて第2レンズ群のパワーが弱い請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項4】 以下の条件を満足する請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【数1】

$$-2.6 < f_{G1}/f < -1.3$$

【数2】

$$-9.0 < f_{G2}/f < -1.7$$

【数3】

$$1.4 < (d_{G1} + d_{G2})/f < 2.3$$

ただし、 f は全系の合成焦点距離、 f_{G1} は前記第1レンズ群の合成焦点距離、 f_{G2} は前記第2レンズ群の合成焦点距離、 d_{G1} は前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間の空気間隔、 d_{G2} は前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間の空気間隔である。

【請求項5】 以下の条件を満足する請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【数4】

$$-2.6 < f_{G1}/f < -1.3$$

【数5】

$$-9.0 < f_{G2}/f < -1.7$$

【数6】

$$1.4 < (d_{G1} + d_{G2})/f < 2.3$$

【数7】

$$0.9 < f_{G4}/d_{G3} < 1.5$$

ただし、 f は全系の合成焦点距離、 f_{G1} は前記第1レンズ群の合成焦点距離、 f_{G2} は前記第2レンズ群の合成焦点距離、 f_{G4} は前記第4レンズ群の合成焦点距離、 d_{G1} は前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間の空気間隔、 d_{G2} は前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間の空気間隔、 d_{G3} は前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間の空気間隔である。

【請求項6】 第1レンズ群は、スクリーン側から順に、凸面をスクリーン側に向けた負メニスカスレンズ、正レンズ、凸面をスクリーン側に向けた負メニスカスレンズからなる請求項1から請求項5のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項7】 第1レンズ群は、スクリーン側から順に、曲率の強い面をスクリーン側に向けた正レンズ、凸面をスクリーン側に向けた負メニスカスレンズ、凸面をスクリーン側に向けた負メニスカスレンズからなる請求項1から請求項5のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項8】 第2レンズ群は正レンズと負レンズとで構成され、前記負レンズのアッペ数に比べて前記正レンズのアッペ数が小さい請求項1から請求項5のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項9】 第2レンズ群は正レンズと負レンズとを接合したものであり、前記負レンズのアッペ数に比べて前記正レンズのアッペ数が小さい請求項1から請求項5のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項10】 第3レンズ群は接合レンズを含んでいる請求項1から請求項5のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項11】 第3レンズ群は接合レンズを含み4枚のレンズで構成されている請求項1から請求項5のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項12】 第4レンズ群は平面をスクリーン側に向けた平凸レンズである請求項1から請求項5のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項13】 第4レンズ群は平面をスクリーン側に向けた平凹レンズであり、凸面が非球面である請求項1から請求項5のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項14】 第1レンズ群と第3レンズ群と第4レンズ群の位置を固定し、第2レンズ群を光軸方向に移動することによりフォーカス調整を行うようにした請求項1から請求項5のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項15】 主レンズ群と、同一特性を有する3つの補助レンズと、2つのダイクロイックミラーと、平面ミラーとを備え、前記主レンズ群はスクリーン側から順に第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、前記第1の補助レンズと前記第2の補助レンズの出射光は前記第1のダイクロイックミラーで合成されて前記第2のダイクロイックミラーに入射し、前記第3の補助レンズの出射光は前記平面ミラーを介して前記第2のダイクロイックミラーに入射し、前記第2のダイクロイックミラーに入射する2つの光は合成されて前記主レンズ群に入射し、前記主レンズ群および前記補助レンズとしてそれぞれ請求項1記載の投写レンズの第1レンズ群から第3レンズ群までの系および第4レンズ群を用い、前記主レンズ群から前記各補助レンズまでの3つの系が所定の結像特性を有する投写レンズ。

【請求項16】 主レンズ群と、同一特性を有する3つ

の補助レンズと、2つのダイクロイックミラーと、平面ミラーとを備え、前記主レンズ群はスクリーン側から順に第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、前記第1の補助レンズと前記第2の補助レンズの出射光は前記第1のダイクロイックミラーで合成されて前記第2のダイクロイックミラーに入射し、前記第3の補助レンズの出射光は前記平面ミラーを介して前記第2のダイクロイックミラーに入射し、前記第2のダイクロイックミラーに入射する2つの光は合成されて前記主レンズ群に入射し、前記主レンズ群および前記補助レンズとしてそれぞれ請求項2記載の投写レンズの第1レンズ群から第3レンズ群までの系および第4レンズ群を用い、前記主レンズ群から前記各補助レンズまでの3つの系が所定の結像特性を有する投写レンズ。

【請求項17】 主レンズ群と、3つの補助レンズと、2つのダイクロイックミラーと、平面ミラーとを1つの筐体に収納した請求項15または請求項16記載の投写レンズ。

【請求項18】 2つのダイクロイックミラーと平面ミラーとは、各反射面が互いに平行である請求項15または請求項16記載の投写レンズ。

【請求項19】 3つの補助レンズの各光軸が同一平面上にある請求項15または請求項16記載の投写レンズ。

【請求項20】 3つの補助レンズの各光軸が同一平面上にあり、その平面に対して第1レンズ群の光軸が垂直である請求項16記載の投写レンズ。

【請求項21】 3原色の色成分を含む光を放射する光源と、前記光源の放射光を3つの原色光に分解する色分解手段と、前記色分解手段の3つの出力光がそれぞれ入射する3つのライトバルブと、投写レンズとを備え、前記投写レンズとして請求項15記載の投写レンズを用い、前記3つのライトバルブの出射光はそれぞれ対応する補助レンズに入射し、前記3つのライトバルブ上の光学像がスクリーン上に投写されるようにした投写型表示装置。

【請求項22】 3原色の色成分を含む光を放射する光源と、前記光源の放射光を3つの原色光に分解する色分解手段と、前記色分解手段の3つの出力光がそれぞれ入射する3つのライトバルブと、投写レンズとを備え、前記投写レンズとして請求項16記載の投写レンズを用い、前記3つのライトバルブの出射光はそれぞれ対応する補助レンズに入射し、前記3つのライトバルブ上の光学像がスクリーン上に投写されるようにした投写型表示装置。

【請求項23】 光源の光軸と第3レンズ群の光軸とを含む平面に対して第1レンズ群の光軸が垂直である請求項22記載の投写型表示装置。

【請求項24】 透過型のスクリーンと、3原色の色成分を含む光を放射する光源と、前記光源の放射光を3つ

の原色光に分解する色分解手段と、前記色分解手段の3つの出力光が入射する3つのライトバルブと、投写レンズと、キャビネットとを備え、前記投写レンズとして請求項15記載の投写レンズを用い、前記3つのライトバルブの出射光はそれぞれ対応する補助レンズに入射し、前記3つのライトバルブ上の光学像が前記スクリーン上に投写されるようにし、前記キャビネット内に前記光源から前記スクリーンまでの光学部品を収納した投写型表示装置。

【請求項25】 透過型のスクリーンと、3原色の色成分を含む光を放射する光源と、前記光源の放射光を3つの原色光に分解する色分解手段と、前記色分解手段の3つの出力光が入射する3つのライトバルブと、投写レンズと、キャビネットとを備え、前記投写レンズとして請求項16記載の投写レンズを用い、前記3つのライトバルブの出射光はそれぞれ対応する補助レンズに入射し、前記3つのライトバルブ上の光学像が前記スクリーン上に投写されるようにし、前記キャビネット内に前記光源から前記スクリーンまでの光学部品を収納した投写型表示装置。

【請求項26】 光源の光軸と第3レンズ群の光軸とを含む平面に対して第1レンズ群の光軸が垂直である請求項25記載の投写型表示装置。

【請求項27】 投写レンズからスクリーンまでの光路中に2枚の平面ミラーを配置した請求項25記載の投写型表示装置。

【請求項28】 投写レンズからスクリーンまでの光路中に1枚の平面ミラーを配置し、第1レンズ群の光軸は前記スクリーンの画面水平方向と平行であり、第3レンズ群の光軸と前記第1レンズ群の光軸と前記スクリーンの光軸とがコ字状となるようにした請求項25記載の投写型表示装置。

【請求項29】 光源の光軸と第3レンズ群の光軸とを含む平面に対して第1レンズ群の光軸が垂直である請求項28記載の投写型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ライトバルブ上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズおよびこの投写レンズを用いた投写型表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 大画面映像を得るために、ライトバルブに映像信号に応じた光学像を形成し、その光学像に光を照射し投写レンズによりスクリーン上に拡大投写する方法が従来よりよく知られている。最近では、ライトバルブとして液晶パネルを用いる投写型表示装置が注目されている。投写器とスクリーンを分離したフロント方式（例えば、特開昭62-133424号公報）、キャビネットの前部に透過型のスクリーンを取り付けキャビネ

ット内にすべての光学部品を収納するリア方式（例えば、特開平2-250015号公報）が提案され、両方式ともセットがコンパクトになるという点が注目されている。

【0003】液晶パネルは、高画質の投写画像を得るために、液晶材料としてツイストネマティック液晶を行い、各画素にスイッチング素子としてTFTを設けたアクティブマトリックス型を行い、赤用、緑用、青用として3枚の液晶パネルを用いるのが主流となりつつある。

【0004】フロント方式の光学系の構成例を（図19）に示す。光源11から出た光は、ダイクロイックミラー12、13と平面ミラー14で構成される色分解光学系に入射し、赤、緑、青の3原色の光に分解される。各原色光は、それぞれフィールドレンズ15、16、17を透過した後に、液晶パネル18、19、20に入射する。液晶パネル18、19、20には映像信号に応じて透過率の変化として光学像が形成される。液晶パネル18、19、20からの出射光は、ダイクロイックミラー21、22と平面ミラー23で構成される色合成光学系により1つの光に合成される。合成された光は投写レンズ24に入射し、3つの液晶パネル18、19、20上の光学像は、投写レンズ24によりスクリーン上に拡大投写される。

【0005】リア方式の投写器の構成例を（図20）に示す。光源31から出た光は、ダイクロイックミラー32、33と平面ミラー34で構成される色分解光学系に入射し、赤、緑、青の3原色の光に分解される。各原色光は、それぞれ液晶パネル35、36、37を透過した後に投写レンズ38、39、40に入射する。液晶パネル35、36、37上には映像信号に応じて透過率の変化として光学像が形成される。3つの液晶パネル35、36、37上の光学像は、それぞれ対応する投写レンズ38、39、40によりスクリーン上に拡大投写される。スクリーン上で3色の投写画像を重ね合わせるためには、3本の投写レンズ38、39、40の光軸は平行とし、両端の液晶パネル35、37の画面中心は投写レンズ38、40の光軸からわずかにずらしている。

【0006】（図20）に示した投写器を用いた投写型表示装置のキャビネット内の構成を（図21）に示す。キャビネット41の前側上部に透過型のスクリーン42を配置し、下部後方に投写器43を配置し、下部前方に平面ミラー44を配置し、スクリーン42の後方に平面ミラー45を配置している。投写距離（投写レンズからスクリーン中心までの光路長）を短くし、投写器43を小型にすることにより、キャビネット41をコンパクトにすることができる。スクリーン42はフレネルレンズとレンティキュラ板を組み合わせたものが使用される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】（図20）、（図21）に示した構成は、投写レンズが3本であることによ

り、カラーシフト（観察者が見る角度を変えた場合に投写画像の色調が変化する現象）と、色むらの発生が問題となる。カラーシフトは、水平適視視野角の広いスクリーンを用いることにより、あるいは両面にレンティキュラレンズを設けたレンティキュラ板を用いることによりある程度は改善できるが、完全になくすることは不可能である。色むらは、電子回路によりある程度は補正できるが、完全な補正是困難である。

【0008】カラーシフト、色むらは投写レンズが3本であるために発生するもので、これらの問題を解決するには、3つの液晶パネルからの出射光をダイクロイックミラーを用いた色合成光学系により1つに合成し、投写レンズを1本とするとよい。この場合の色合成光学系として、（図19）に示したような2枚のダイクロイックミラーを平行に配置する構成、あるいは2枚のダイクロイックミラーをX字に交差させる構成（例えば、特開昭63-114489号公報、特開昭63-116123号公報）の採用が考えられる。前者の構成では照明光路長（光源から各液晶パネルまでの光路長）が3色で等しいが、後者の構成では照明光路長が1色だけ他の2色より長い。3色の照明光路長が異なると色むらを発生しやすいので、色の均一性を確保するには（図19）に示した構成の方が優れている。

【0009】ところで、（図19）に示した構成は、液晶パネルと投写レンズの間にダイクロイックミラーを2枚配置する空間が必要となるので、投写レンズのバックフォーカス（投写レンズの後玉頂点から後側焦点までの距離） f_B を非常に長くする必要がある。一方、リア方式でセットをコンパクトにするには、投写距離を短くする必要があり、このためには、投写レンズは焦点距離 f を短くし広角にする必要がある。（図18）に示したフロント方式の構成に用いる投写レンズとして、 $f = 90\text{ mm}$ 、 $f_B = 160\text{ mm}$ というものが実現されており、バックフォーカス比 f_B/f は1.8である。このフロント方式と同じ液晶パネル、色合成光学系を用いてリア方式でコンパクトなセットを実現しようすると、概略計算では $f = 60\text{ mm}$ とする必要があり、バックフォーカス比 f_B/f を2.5以上、望ましくは2.7以上と非常に大きくする必要がある。

【0010】バックフォーカス f_B が焦点距離 f より長いレンズ構成として、スクリーン側から順に、負パワーの前群、正パワーの後群を配置するレトロフォーカス型が知られている。しかし、歪曲収差が小さく、しかも $f_B/f = 2.7$ というレンズは、写真レンズでは例がなく、他の分野でも例がない。ただ、魚眼レンズで $f_B/f > 3$ という例もあるが、これは歪曲収差が非常に大きく、液晶表示装置にマトリックス電極を用いる場合には極端な糸巻き状の图形歪みを発生するので、採用できない。一般に、バックフォーカス f_B を長くすることと、焦点距離 f を短くすることは相反するため、 $f_B/f =$

2.7というような投写レンズは実現困難とされています。

【0011】本発明は、大画面でありながらコンパクトであり、カラーシフトや色むらのない高画質の投写画像を表示する投写型表示装置を提供することを目的とする。また、本発明は、そのような投写型表示装置を実現するために、広角で、実質的なバックフォーカス比が2.5~3と大きく、歪曲収差が小さく、十分な解像度を有する投写レンズを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため本発明の投写レンズは、スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、負パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群と、スクリーンの反対側の焦点の近傍に配置される正パワーの第4レンズ群とを備え、各レンズ群の間に比較的長い空気間隔を設け、スクリーンの反対側の空間において主光線が第4レンズの光軸と略平行となるようにしたものである。

【0013】本発明の投写レンズは、第1レンズ群のパワーに比べて第2レンズ群のパワーを弱くするか、あるいは以下の条件を満足させるのが望ましい。

【0014】

【数8】

$$-2.6 < f_{G1} / f < -1.3$$

【0015】

【数9】

$$-9.0 < f_{G2} / f < -1.7$$

【0016】

【数10】

$$1.4 < (d_{G1} + d_{G2}) / f < 2.3$$

【0017】ただし、 f は全系の合成焦点距離、 f_{G1} は第1レンズ群の合成焦点距離、 f_{G2} は第2レンズ群の合成焦点距離、 d_{G1} は第1レンズ群と第2レンズ群との間の空気間隔、 d_{G2} は第2レンズ群と第3レンズ群との間の空気間隔である。

【0018】さらに、以下の条件を満足させるのが望ましい。

【0019】

【数11】

$$0.9 < f_{G1} / d_{G3} < 1.5$$

【0020】ただし、 f_{G4} は第4レンズ群の合成焦点距離、 d_{G3} は第3レンズ群と第4レンズ群との間の空気間隔である。

【0021】本発明の投写レンズは、第1レンズ群と第2レンズ群との間または第2レンズ群と第3レンズ群との間に平面ミラーを配置することができる。

【0022】本発明の他の投写レンズは、主レンズ群と、同一特性を有する3つの補助レンズと、2つのダイクロイックミラーと、平面ミラーとを備え、主レンズ群はスクリーン側から順に第1レンズ群と、第2レンズ群

と、第3レンズ群とを備え、第1の補助レンズと第2の補助レンズからの出射光は第1のダイクロイックミラーで合成されて第2のダイクロイックミラーに入射し、第3の補助レンズからの出射光は平面ミラーを介して第2のダイクロイックミラーに入射し、第2のダイクロイックミラーに入射する2つの光は合成されて主レンズ群に入射し、第1レンズ群から各補助レンズまでの3つの系が所定の結像特性を有し、主レンズ群および補助レンズとしてそれぞれ上記の投写レンズの第1レンズ群から第3レンズ群までの系および第4レンズ群を用いたものである。

【0023】本発明の投写型表示装置は、3原色の色成分を含む光を放射する光源と、光源の放射光を3つの原色光に分解する色分解手段と、色分解手段の3つの出力光が入射する3つのライトバルブと、3つのライトバルブ上の光学像をスクリーン上に投写する投写レンズとを備え、投写レンズとして上記の投写レンズを用い、3つのライトバルブの出射光はそれぞれ対応する補助レンズに入射し、3つのライトバルブ上の光学像がスクリーン上に投写されるようにしたものである。

【0024】本発明の他の投写型表示装置は、透過型のスクリーンと、3原色の色成分を含む光を放射する光源と、光源の放射光を3つの原色光に分解する色分解手段と、色分解手段の3つの出力光が入射する3つのライトバルブと、投写レンズと、キャビネットとを備え、投写レンズとして上記の投写レンズを用い、3つのライトバルブの出射光はそれぞれ対応する補助レンズに入射し、3つのライトバルブ上の光学像がスクリーン上に投写されるようにし、キャビネット内に光源からスクリーンまでの光学部品を収納したものである。

【0025】本発明の投写型表示装置は、投写レンズの主レンズ群の内部に平面ミラーを内蔵させることができ、この場合には、光源の光軸と第3レンズ群の光軸とを含む平面に対して第1レンズ群の光軸が垂直となるようによくするといい。

【0026】

【作用】本発明の投写レンズの各レンズ群を薄肉レンズと考えて、作用を説明する。

【0027】まず、(図1)に示すように、第1レンズ群G1から第3レンズ群G3までの系からなる主レンズ群だけを考え、スクリーン側から光軸51に平行で光線高h1の光線52が入射する場合を考える。光線52は負パワーの第1レンズ群G1で発散光線53に変換され、第1レンズ群G1から離れた位置にある第2レンズ群G2で光線高h2と高くなる。第2レンズ群G2もパワーが負であるため、軸上光線53はより発散する光線54に変換され、第2レンズ群G2から離れた位置にある第3レンズ群G3では軸上光線の光線高h3がさらに高くなる。第3レンズ群G3を出射した軸上光線は第3レンズ群G3のパワーが正であるため収束光線55にな

る。この収束光線55が光軸51と交わる点が焦点Fであり、光線52と収束光線55の交点56から光軸51に下した垂線の足が主点Hとなる。主点Hから焦点Fまでの距離が焦点距離fであり、第3レンズ群G3から焦点Fまでの距離がバックフォーカスf_Bである。負パワーの第2レンズ群G2がh₃/h₁を大きくするので、主レンズのバックフォーカス比f_B/fを大きくすることができる。

【0028】第2レンズ群G2の位置で軸上光線の光線高h₂がh₁より高くなるので、第2レンズ群G2は弱いパワーでも軸上光線をさらに発散させることができ、第2レンズ群G2のパワーが弱ければ第2レンズ群G2で発生する諸収差は小さいので、全系の諸収差をバランス良く補正することができる。

【0029】次に、(図2)に示すように、第1レンズ群G1から第4レンズ群G4までの系に、スクリーン側から軸外主光線57が入射する場合を考える。正パワーの第4レンズ群G4がライトバルブPの近傍に配置されるので、第4レンズ群G4のレンズ面形状を適切に選ぶことによりライトバルブ側空間の有効領域内の主光線58を光軸51とほぼ平行にすることができる。また、

(図2)に示したように、第4レンズ群G4では軸上光線55の光線高が低く、軸外主光線58の光線高が高いので、第4レンズ群G4は全系の球面収差をあまり変化させることなく、全系の軸外収差を変化させることができる。そのため、第4レンズ群G4で正の歪曲収差を発生させて、第1レンズ群G1から第3レンズ群G3までの系で発生する負の歪曲収差を補正し、全系の歪曲収差を小さくすることができる。

【0030】次に、本発明の投写レンズが望ましい特性を実現するための条件について説明する。

【0031】(数8)の条件は、第1レンズ群G1の合成焦点距離f_{G1}を一定範囲に限定することにより、全系の収差バランスを保ちながら、主レンズ群のバックフォーカスを所望の値とするためのものである。f_{G1}/fが下限値より小さい場合、所望のバックフォーカスを確保しようとすると第2レンズ群G2の負担が大きくなり、第2レンズ群G2で発生する諸収差を第3レンズ群G3で補正することが困難となる。一方、f_{G1}/fが上限値より大きい場合には、所望のバックフォーカスを得られるものの、第1レンズ群G1で発生する軸外収差を第2レンズ群G2と第3レンズ群G3で補正することが困難となる。

【0032】(数9)の条件は、(数8)の条件を満足させた上で第2レンズ群G2の合成焦点距離f_{G2}を一定範囲に限定することにより、全系の収差バランスを保ちながら、主レンズ群のバックフォーカスを所望の値とするためのものである。f_{G2}/fが下限値より小さい場合には、所望のバックフォーカスを得ることが困難となる。一方、f_{G2}/fが上限値より大きい場合には、所望

のバックフォーカスを得られるものの、第2レンズ群G2で発生する諸収差を第3レンズ群G3で補正することが困難となる。

【0033】(数10)の条件は、主レンズ群のバックフォーカスを所望の値にすると同時に、周辺光量の低下を防ぐためのものである。(d_{G1}+d_{G2})/fが下限値より小さい場合には、必要なバックフォーカスを得ることが困難となる。無理にバックフォーカスを長くしようとすると、第3レンズ群G3の負担が大きくなり、全系の諸収差をバランス良く補正することが困難となる。一方、(d_{G1}+d_{G2})/fが上限値より大きい場合には、バックフォーカスを長くする上では有利であるが、主レンズ群の全長が長くなるために周辺光量の低下を避けられない。周辺光量を増やすために第1レンズ群G1の有効径を大きくすることもできるが、大幅なコスト高を招く。第1レンズ群G1の有効径が大きくなると、投写レンズからスクリーンまでの光路中に平面ミラーを配置する場合には、投写レンズが有効光を遮らないようにするためにキャビネットを大きくせざるを得ないという問題を発生する。また、周辺光量を増やすために第3レンズ群G3の有効径を大きくすることもできるが、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に2枚の色合成用ダイクロイックミラーを配置することが困難となり、そのために主レンズ群のバックフォーカスをさらに長くしなければならず、そうするとレンズ系全体の諸収差をバランス良く補正することが困難となる。

【0034】(数10)の条件を満足させることにより、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間または第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に平面ミラーを配置する空間を確保することができる。

【0035】(数11)の条件は、ライトバルブを通過する主光線が光軸とほぼ平行になるように、つまりテセントリック性を良好にするためのものである。一般に、ライトバルブは光線の入射角により光学的特性が変化するので、有効領域内の主光線が同一の入射角でライトバルブを通過しない場合には投写画像に画質むらを発生する。これを避けるためにはテセントリック性を良好にするとよい。f_{G4}/d_{G3}が下限値より小さい場合あるいは上限値より大きい場合は、いずれもテセントリック性が不十分となるために、投写画像に画質のむらを発生する。

【0036】3つのライトバルブの出射光を色合成光学系により1つの光に合成し、各ライトバルブ上の光学像を実質的に1つの投写レンズによりスクリーン上に拡大投写するので、カラーシフトは発生せず、色むらも少なくなる。また、投写距離が短いために、さらに投写レンズの内部に平面ミラーを配置することにより投写器の奥行が短くなるために、リア方式とした場合にセットがコンパクトとなる。投写レンズからスクリーンまでの間に平面ミラー2枚を配置し、投写光の光路を折り曲げれ

ば、さらにコンパクトなセットを実現することができる。

【0037】

【実施例】以下に、本発明の投写レンズの具体的な実施例について説明する。

【0038】第1の実施例の構成を(図3)に、具体的な数値を(表1)に示す。G1は第1レンズ群、G2は第2レンズ群、G3は第3レンズ群、G4は第4レンズ群、Aは絞り、Pは液晶パネルの出射側ガラス基板を示し、L_iは第iレンズを示す。r_jは第j面の曲率半径、d_jは第j面から次の面までの間隔、n_i、ν_iはそれぞれ第iレンズのe線における屈折率、アッペ数である。また、r_{P1}、r_{P2}は液晶パネルの出射側ガラス基板の両面の曲率半径、d_Pは液晶パネルの出射側ガラス基板の厚さ、n_P、ν_Pはそれぞれ出射側ガラス基板のe線における屈折率、アッペ数である。ωはスクリーン

$$f = 60.485 \quad F = 4.0 \quad \omega = 32.8^\circ \quad m = -15.36$$

G 1	r ₁ = 106.598	d ₁ = 3.00	n ₁ = 1.59143	ν ₁ = 61.0
	r ₂ = 59.404	d ₂ = 10.00		
	r ₃ = 139.842	d ₃ = 10.50	n ₂ = 1.62408	ν ₂ = 36.1
	r ₄ = -313.535	d ₄ = 0.20		
	r ₅ = 96.488	d ₅ = 3.00	n ₃ = 1.66152	ν ₃ = 50.6
	r ₆ = 38.226	d ₆ = 43.08		
G 2	r ₇ = -200.746	d ₇ = 2.00	n ₄ = 1.69660	ν ₄ = 53.1
	r ₈ = 25.909	d ₈ = 7.00	n ₅ = 1.62408	ν ₅ = 36.1
	r ₉ = 3333.867	d ₉ = 63.58		
G 3	r ₁₀ = -159.942	d ₁₀ = 2.00	n ₆ = 1.79192	ν ₆ = 25.5
	r ₁₁ = 176.784	d ₁₁ = 8.50	n ₇ = 1.51825	ν ₇ = 63.8
	r ₁₂ = -80.919	d ₁₂ = 0.30		
	r ₁₃ = -408.570	d ₁₃ = 6.70	n ₈ = 1.51825	ν ₈ = 63.8
	r ₁₄ = -96.022	d ₁₄ = 0.20		
G 4	r ₁₅ = 271.191	d ₁₅ = 8.50	n ₉ = 1.51825	ν ₉ = 63.8
	r ₁₆ = -99.308	d ₁₆ = 165.00		
	r ₁₇ = ∞	d ₁₇ = 8.00	n ₁₀ = 1.49383	ν ₁₀ = 57.2
P	r _{P1} = ∞	d _P = 2.20	n _P = 1.51825	ν _P = 63.8
	r _{P2} = ∞			

非球面係数

$$\begin{aligned} \kappa_{18} &= -6.88094 \times 10^{11} & d_{18} &= -6.05128 \times 10^{-7} & e_{18} &= 3.42775 \times 10^{-10} \\ f_{18} &= -2.23470 \times 10^{-14} & g_{18} &= -2.41516 \times 10^{-17} \\ f_{G1}/f &= -2.037 & f_{G2}/f &= -2.554 & f_{G3}/f &= 1.405 \\ f_{G4}/f &= 3.565 & d_{G1}/f &= 0.712 & d_{G2}/f &= 1.051 \\ d_{G3}/f &= 2.728 & (d_{G1} + d_{G2})/f &= 1.763 \\ f_{G4}/d_{G3} &= 1.307 \end{aligned}$$

側の半画角、mは拡大倍率である。また、*を付したレンズ面は非球面であり、その断面形状は(数12)で与えられる。

【0039】

【数12】

$$S = \frac{h^2 / r_j}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa_j) (h/r_j)^2 + d_j h^4 + e_j h^6 + f_j h^8 + g_j h^{10}}}$$

【0040】ただし、hは光軸からの高さ、Sはレンズ面の高さhにおけるサグ量、κ_jは円錐定数、d_j、e_j、f_j、g_jはそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0041】

【表1】

【表1】

【0042】スクリーン側から順に、第1レンズL1はスクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、第2レンズL2は両凸レンズ、第3レンズL3はスクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、第4レンズL4はスクリーン側に曲率の弱い面を向けた負レンズ、第5レンズL5はスクリーン側に曲率の強い面を向けた正レンズ、第6レンズL6は両凹レンズ、第7レンズL7は両凸レンズ、第8レンズL8はスクリーン側に凹面を向けた正メニスカスレンズ、第9レンズL9は両凸レンズ、第10レンズL10はスクリーン側に平面を向けた平凸レンズである。第4レンズL4と第5レンズL5とを接合し、第6レンズL6と第7レンズL7とを接合している。第10レンズL10の第18面は非球面である。第1レンズL1から第3レンズL3までの3枚で第1レンズ群G1が構成され、第4レンズL4と第5レンズL5の2枚で第2レンズ群G2が構成され、第6レンズから第9レンズL9までの4枚で第3レンズ群G3が構成され、第10レンズL10で第4レンズ群が構成されている。各レンズ群の間には比較的長い空気間隔が設けられている。第1レンズ群G1から第3レンズ群G3までの系を主レンズ群、第4レンズ群を補助レンズと呼ぶことにする。絞りAは、F値を決定する光線と軸外下光線を規制するためのものである。また、破線で示すように、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に光路を折り曲げるための平面ミラーMを配置することができる。

【0043】レトロフォーカス型レンズは、歪曲収差と倍率色収差の補正が容易でないことが知られている。そこで、第1の実施例では、歪曲収差を小さくするために、第1レンズ群G1を負正負の構成とし、第2レンズL2の第4面で正の歪曲収差を発生させて負レンズで発生する負の歪曲収差を減らすようにしている。第1レンズ群G1と第2レンズ群G2で負パワーを分担していることも歪曲収差の補正を有利にしている。また、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3に接合レンズを用い2つの接合面のバランスを調整することにより、軸上色収差と倍率色収差をバランス良く補正している。第2レンズ群G2が第1レンズ群G1で発生する色収差の大半を補正するために、第2レンズ群G2を正レンズと負レンズの2枚で構成し、負レンズのアッペ数に比べて正レンズのアッペ数を小さくしている。この場合、2枚のレンズを分離すると対向する一方の面で全反射を生じる場合があるので、2枚のレンズを接合している。

【0044】第3レンズ群G3は第1レンズ群G1と第2レンズ群G2とで発生する諸収差を補正し、全系の収差バランスを良好にする必要がある。しかも、主レンズ群のバックフォーカスを長くするために、第3レンズ群G3の主点をできる限りライトバルブ側に位置させる必要がある。そこで、第6レンズL6と第7レンズL7に

よる接合レンズと、第8レンズL8とをいずれもスクリーン側に凹面を向けた正メニスカスレンズとし、第9レンズL9の正パワーを強くしている。第3レンズ群G3は4枚構成とすれば、全系の諸収差をバランス良く補正できる。

【0045】本発明のように主レンズ群のバックフォーカス比を大きくしようとすると、第1レンズ群G1の負レンズの凹面の曲率半径が小さくなり、そのためにペツツバール和は補正過剰となりやすい。そこで、正レンズは低屈折率に、負レンズは高屈折率にするとよい。そうすると、有効径の大きい第1レンズ群G1と第3レンズ群G3に用いる正レンズとして比較的安価な硝材を選択できるので、コスト面で有利になる。

【0046】第4レンズ群G4の機能は、ライトバルブ側空間における主光線が光軸とほぼ平行となるようにしてテセントリック性を良好にすることである。第4レンズ群G4は、その全長が長いと色合成用のダイクロイックミラー2枚の配置が困難となるので、1枚で構成し、その外周を長方形状としている。テセントリック性をさらに良好にするために、ライトバルブ側の面を非球面としている。スクリーン側の面を平面としているが、これは鏡筒への組み込み時の精度を確保するためである。このレンズは、量産性を確保するために、レンズの材料としてアクリル樹脂を用い、成形加工により製作するといよい。

【0047】(表1)に示した投写レンズの収差図を(図4(a)(b)(c)(d))に示す。この収差図では、液晶パネルの出射側ガラス基板による収差も含まれている。(図4)から分かるように、諸収差はバランス良く補正されている。半画角は $\omega = 32.8^\circ$ と広角で、F値は4.0と液晶パネルを用いる投写型表示装置に十分なレベルである。第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間の空気間隔が長く、この空間に色合成用のダイクロイックミラー2枚を配置することができる。また、ライトバルブを通過する主光線が光軸となす角度は有効表示領域内で±1°以下となっている。最大画角における開口効率は80%以上であるため、周辺光量も十分に確保できる。

【0048】平面ミラーMは表面鏡を用いることになるが、平面度に注意する必要がある。もちろん平面ミラーMを用いない構成でも投写レンズとして使用できる。

【0049】次に、本発明の投写レンズの他の実施例について説明する。第2から第6までの実施例の構成をそれぞれ(図5)から(図9)に、具体的な数値をそれぞれ(表2)から(表6)に示す。また、各実施例における収差図をそれぞれ(図10)から(図14)に示す。記号は第1の実施例と同様である。

【0050】

【表2】

	$f = 56.373$	$F = 4.0$	$\omega = 32.8^\circ$	$m = -16.55$
G 1	$r_1 = 146.193$	$d_1 = 3.00$	$n_1 = 1.66152$	$\nu_1 = 50.6$
	$r_2 = 65.152$	$d_2 = 10.00$		
	$r_3 = 81.108$	$d_3 = 13.00$	$n_2 = 1.60718$	$\nu_2 = 37.7$
	$r_4 = -552.480$	$d_4 = 0.20$		
	$r_5 = 122.178$	$d_5 = 3.00$	$n_3 = 1.66152$	$\nu_3 = 50.6$
	$r_6 = 41.551$	$d_6 = 43.84$		
G 2	$r_7 = -115.478$	$d_7 = 2.00$	$n_4 = 1.71615$	$\nu_4 = 53.6$
	$r_8 = 24.454$	$d_8 = 7.00$	$n_5 = 1.62408$	$\nu_5 = 36.0$
	$r_9 = -1112.380$	$d_9 = 65.32$		
G 3	$r_{10} = -157.855$	$d_{10} = 2.00$	$n_6 = 1.79192$	$\nu_6 = 25.5$
	$r_{11} = 204.273$	$d_{11} = 8.50$	$n_7 = 1.51825$	$\nu_7 = 63.8$
	$r_{12} = -74.530$	$d_{12} = 0.30$		
	$r_{13} = -421.410$	$d_{13} = 6.70$	$n_8 = 1.51825$	$\nu_8 = 63.8$
	$r_{14} = -103.490$	$d_{14} = 0.20$		
	$r_{15} = 230.114$	$d_{15} = 8.50$	$n_9 = 1.51825$	$\nu_9 = 63.8$
G 4	$r_{16} = -103.822$	$d_{16} = 165.00$		
	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 8.00$	$n_{10} = 1.49383$	$\nu_{10} = 57.2$
P	$r_{\nu 1} = \infty$	$d_{\nu} = 2.20$	$n_{\nu} = 1.51825$	$\nu_{\nu} = 63.8$
	$r_{\nu 2} = \infty$			

非球面係数

$$\begin{aligned}
 r_{18} &= -3.27461 \times 10^{11} & d_{18} &= 2.79797 \times 10^{-7} & e_{18} &= 2.56540 \times 10^{-10} \\
 f_{18} &= -2.10937 \times 10^{-13} & g_{18} &= 1.18654 \times 10^{-16} \\
 f_{G1}/f &= -2.493 & f_{G2}/f &= -1.886 & f_{G3}/f &= 1.460 \\
 f_{G4}/f &= 3.478 & d_{G1}/f &= 0.778 & d_{G2}/f &= 1.159 \\
 d_{G3}/f &= 2.927 & (d_{G1} + d_{G2})/f &= 1.936 \\
 f_{G4}/d_{G3} &= 1.189
 \end{aligned}$$

【0051】

【表3】

$f = 60.509$	$F = 4.0$	$\omega = 30.5^\circ$	$m = -15.36$
G_1	$r_1 = 112.754$	$d_1 = 3.00$	$n_1 = 1.59143$
	$r_2 = 60.466$	$d_2 = 10.00$	$\nu_1 = 61.0$
	$r_3 = 114.559$	$d_3 = 10.50$	$n_2 = 1.62408$
	$r_4 = -269.553$	$d_4 = 0.20$	$\nu_2 = 36.1$
	$r_5 = 111.591$	$d_5 = 3.00$	$n_3 = 1.66152$
	$r_6 = 35.325$	$d_6 = 28.54$	$\nu_3 = 50.6$
G_2	$r_7 = 4306.290$	$d_7 = 13.40$	$n_4 = 1.62408$
	$r_8 = -27.170$	$d_8 = 12.45$	$\nu_4 = 36.1$
	$r_9 = 173.195$	$d_9 = 62.87$	$n_5 = 1.69660$
G_3	$r_{10} = -194.620$	$d_{10} = 2.00$	$n_6 = 1.79192$
	$r_{11} = 183.071$	$d_{11} = 8.50$	$\nu_6 = 25.5$
	$r_{12} = -83.796$	$d_{12} = 0.30$	$n_7 = 1.51825$
	$r_{13} = -509.902$	$d_{13} = 6.70$	$\nu_7 = 63.8$
	$r_{14} = -97.465$	$d_{14} = 0.20$	$n_8 = 1.51825$
	$r_{15} = 252.748$	$d_{15} = 8.50$	$\nu_8 = 63.8$
G_4	$r_{16} = -113.928$	$d_{16} = 169.15$	$n_9 = 1.49383$
	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 8.00$	$\nu_{10} = 57.2$
	$r_{18} = -87.188$		
P	$r_{P1} = \infty$	$d_P = 2.20$	$n_P = 1.51825$
	$r_{P2} = \infty$		$\nu_P = 63.8$

非球面係数

$$\begin{aligned}
 \kappa_{18} &= -4.05946 \times 10^{11} & d_{18} &= -4.74285 \times 10^{-7} & e_{18} &= -1.89496 \times 10^{-10} \\
 f_{18} &= 2.09117 \times 10^{-13} & g_{18} &= 1.00847 \times 10^{-17} \\
 f_{G1}/f &= -1.790 & f_{G2}/f &= -2.499 & f_{G3}/f &= 1.384 \\
 f_{G4}/f &= 2.918 & d_{G1}/f &= 0.472 & d_{G2}/f &= 1.039 \\
 d_{G3}/f &= 2.795 & (d_{G1} + d_{G2})/f &= 1.511 \\
 f_{G4}/d_{G3} &= 1.044
 \end{aligned}$$

【0052】

【表4】

$f = 60.345$	$F = 4.0$	$\omega = 30.6^\circ$	$m = -15.36$
G_1	$r_1 = 91.348$	$d_1 = 3.00$	$n_1 = 1.51825$
	$r_2 = 50.197$	$d_2 = 15.00$	$\nu_1 = 63.8$
	$r_3 = 155.383$	$d_3 = 10.00$	$n_2 = 1.65222$
	$r_4 = -216.061$	$d_4 = 0.85$	$\nu_2 = 33.6$
	$r_5 = 97.077$	$d_5 = 3.00$	$n_3 = 1.68081$
	$r_6 = 31.614$	$d_6 = 20.00$	$\nu_3 = 55.2$
G_2	$r_7 = -1431.057$	$d_7 = 9.78$	$n_4 = 1.65222$
	$r_8 = -44.882$	$d_8 = 2.00$	$n_5 = 1.68081$
	$r_9 = 397.165$	$d_9 = 79.77$	
G_3	$r_{10} = -364.035$	$d_{10} = 2.00$	$n_6 = 1.81265$
	$r_{11} = 145.998$	$d_{11} = 7.60$	$n_7 = 1.51825$
	$r_{12} = -97.325$	$d_{12} = 1.70$	$\nu_7 = 63.8$
	$r_{13} = -426.566$	$d_{13} = 5.40$	$n_8 = 1.51825$
	$r_{14} = -92.399$	$d_{14} = 0.20$	$\nu_8 = 63.8$
	$r_{15} = 422.296$	$d_{15} = 8.00$	$n_9 = 1.51825$
G_4	$r_{16} = -120.257$	$d_{16} = 165.00$	$\nu_9 = 63.8$
	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 7.00$	$n_{10} = 1.49383$
	$r_{18} = -89.525$		$\nu_{10} = 57.2$
P	$r_{P1} = \infty$	$d_P = 2.20$	$n_P = 1.51825$
	$r_{P2} = \infty$		$\nu_P = 63.8$

非球面係数

$$\begin{aligned}
 & n_{18} = -3.98925 \times 10^{11} \quad d_{18} = -9.86547 \times 10^{-7} \quad e_{18} = 3.07179 \times 10^{-10} \\
 & f_{18} = -2.07551 \times 10^{-13} \quad g_{18} = 1.21892 \times 10^{-16} \\
 & f_{G1}/f = -1.402 \quad f_{G2}/f = -5.883 \quad f_{G3}/f = 1.482 \\
 & f_{G4}/f = 3.005 \quad d_{G1}/f = 0.331 \quad d_{G2}/f = 1.322 \\
 & d_{G3}/f = 2.734 \quad (d_{G1} + d_{G2})/f = 1.653 \\
 & f_{G4}/d_{G3} = 1.099
 \end{aligned}$$

【0053】

【表5】

$f = 60.293$	$F = 4.3$	$\omega = 30.6^\circ$	$m = -15.36$
G_1	$r_1 = 99.398$	$d_1 = 3.00$	$n_1 = 1.51825$
	$r_2 = 52.135$	$d_2 = 15.00$	$\nu_1 = 63.8$
	$r_3 = 168.868$	$d_3 = 10.00$	$n_2 = 1.65222$
	$r_4 = -204.627$	$d_4 = 0.85$	$\nu_2 = 33.6$
	$r_5 = 116.583$	$d_5 = 3.00$	$n_3 = 1.68081$
	$r_6 = 34.618$	$d_6 = 55.00$	$\nu_3 = 55.2$
G_2	$r_7 = -1192.442$	$d_7 = 4.00$	$n_4 = 1.65222$
	$r_8 = -36.333$	$d_8 = 2.00$	$\nu_4 = 33.6$
	$r_9 = 500.097$	$d_9 = 52.09$	$n_5 = 1.68081$
G_3	$r_{10} = -214.689$	$d_{10} = 2.00$	$n_6 = 1.81265$
	$r_{11} = 133.307$	$d_{11} = 7.60$	$\nu_6 = 25.3$
	$r_{12} = -105.752$	$d_{12} = 1.70$	$n_7 = 1.51825$
	$r_{13} = -1927.078$	$d_{13} = 5.40$	$\nu_7 = 63.8$
	$r_{14} = -92.932$	$d_{14} = 0.20$	$n_8 = 1.51825$
G_4	$r_{15} = 277.825$	$d_{15} = 8.00$	$\nu_8 = 63.8$
	$r_{16} = -105.824$	$d_{16} = 165.00$	$n_9 = 1.49383$
P	$r_{P1} = \infty$	$d_P = 2.20$	$n_P = 1.51825$
	$r_{P2} = \infty$		$\nu_P = 63.8$

非球面係数

$$\begin{aligned}
 n_{18} &= -6.66516 \times 10^{11} & d_{18} &= -8.21940 \times 10^{-7} & e_{18} &= 2.79799 \times 10^{-10} \\
 f_{18} &= -1.94168 \times 10^{-13} & g_{18} &= 1.16597 \times 10^{-16} \\
 f_{c1}/f &= -1.444 & f_{c2}/f &= -6.138 & f_{c3}/f &= 1.449 \\
 f_{c4}/f &= 3.644 & d_{c1}/f &= 0.912 & d_{c2}/f &= 0.864 \\
 d_{c3}/f &= 2.737 & (d_{c1} + d_{c2})/f &= 1.776 \\
 f_{c4}/d_{c3} &= 1.331
 \end{aligned}$$

【0054】

【表6】

$f = 56.408$	$F = 4.0$	$\omega = 32.8^\circ$	$m = -16.55$
G_1	$r_1 = 145.383$	$d_1 = 9.00$	$n_1 = 1.51825$
	$r_2 = 1845.534$	$d_2 = 0.20$	$\nu_1 = 63.8$
	$r_3 = 93.695$	$d_3 = 3.00$	$n_2 = 1.59143$
	$r_4 = 47.121$	$d_4 = 14.70$	$\nu_2 = 61.0$
	$r_5 = 113.826$	$d_5 = 3.00$	$n_3 = 1.69660$
	$r_6 = 47.820$	$d_6 = 39.69$	$\nu_3 = 53.1$
G_2	$r_7 = -54.018$	$d_7 = 2.00$	$n_4 = 1.69660$
	$r_8 = 37.545$	$d_8 = 9.00$	$\nu_4 = 53.1$
	$r_9 = -56.483$	$d_9 = 79.95$	$n_5 = 1.62408$
G_3	$r_{10} = -132.019$	$d_{10} = 2.00$	$n_6 = 1.79192$
	$r_{11} = 241.207$	$d_{11} = 8.50$	$\nu_6 = 25.5$
	$r_{12} = -71.420$	$d_{12} = 0.30$	$n_7 = 1.51825$
	$r_{13} = -311.482$	$d_{13} = 6.70$	$\nu_7 = 63.8$
	$r_{14} = -114.074$	$d_{14} = 0.20$	$n_8 = 1.51825$
	$r_{15} = 176.276$	$d_{15} = 8.50$	$\nu_8 = 63.8$
G_4	$r_{16} = -137.440$	$d_{16} = 165.00$	$n_9 = 1.51825$
	$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 8.00$	$\nu_9 = 57.2$
P	$r_{p1} = \infty$	$d_p = 2.20$	$n_p = 1.51825$
	$r_{p2} = \infty$		$\nu_p = 63.8$

非球面係数

$$\begin{aligned}
 r_{18} &= -4.02603 \times 10^{+1} & d_{18} &= -7.81059 \times 10^{-7} & e_{18} &= 1.52193 \times 10^{-9} \\
 f_{18} &= -7.58747 \times 10^{-13} & g_{18} &= 2.44728 \times 10^{-16} \\
 f_{G1}/f &= -1.622 & f_{G2}/f &= -6.495 & f_{G3}/f &= 1.703 \\
 f_{G4}/f &= 3.459 & d_{G1}/f &= 0.704 & d_{G2}/f &= 1.417 \\
 d_{G3}/f &= 2.925 & (d_{G1} + d_{G2})/f &= 2.121 \\
 f_{G4}/d_{G3} &= 1.182
 \end{aligned}$$

【0055】第2の実施例は第1の実施例と同様の構成であり、第3、第4および第5の実施例は第1の実施例を基本にして第2レンズ群G2を正負の構成としたものであり、第6の実施例は第1の実施例を基本にして第1レンズ群G1を正負負の構成としたものである。いずれの実施例も第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に平面ミラーを配置することができる。第5の実施例では、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に平面ミラーを配置することもできる。

【0056】第2から第6までの実施例はいずれも第1の実施例と同様に、広角で、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間の空気間隔が非常に長く、諸収差も良好に補正されている。ライトバルブを通過する主光線が光軸となす角度は有効表示領域内で±2°以下である。

【0057】以下に、添付図面を用いて本発明の投写型表示装置の実施例について説明する。

【0058】本発明の投写型表示装置の第1の実施例の投写器の構成を(図15)に示す。61は光源、67、68はダイクロイックミラー、69は平面ミラー、70、71、72は液晶パネル、73、74、75は補助レンズ、76、77はダイクロイックミラー、78は平面ミラー、79は主レンズ群、80は第1レンズ群、81は第2レンズ群、82は第3レンズ群、83は平面ミラーである。

【0059】光源61はランプ62と凹面鏡63とフィルタ64で構成されている。ランプ62はメタルハライドランプであり、3原色の色成分を含む光を放射する。凹面鏡63はガラス製で、反射面65の形状は放物面であり、反射面65に赤外光を透過させ可視光を反射する多層膜を蒸着したものである。フィルタ64は、ガラス基板の上に可視光を透過させ赤外光と紫外光を反射する多層膜を蒸着したものである。凹面鏡63の光軸66は

水平方向に向き、ランプ62は管軸を光軸66と一致させて配置される。ランプ62の放射光は、凹面鏡63で反射して赤外光が除去された平行に近い光に変換され、フィルタ64を透過して赤外光と紫外光を除去されて可視光が射出する。

【0060】光源61の放射光は、2枚のダイクロイックミラー67、68と平面ミラー69とで構成される色分解光学系により赤、緑、青の原色光に分解される。各原色光は、いずれも液晶パネル70、71、72を透過して補助レンズ73、74、75に入射する。液晶パネル70、71、72はツイストネマティック液晶を用いたTFT液晶パネルであり、映像信号に応じて透過率の変化として光学像が形成される。補助レンズ73、74、75の出射光は、ダイクロイックミラー76、77と平面ミラー78を組み合わせた色合成光学系により1つの光に合成され、合成された光は主レンズ群79に入射する。主レンズ群79はスクリーン側から順に第1レンズ群80、第2レンズ群81、第3レンズ群82で構成され、それぞれ(図3)に示した第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3に対応する。補助レンズ73、74、75は3つとも同一であり、(図3)に示した第4レンズ群G4に対応する。第2レンズ群81と第3レンズ群82との間に平面ミラー83を配置している。3つの液晶パネル70、71、72上の光学像は主レンズ群79と補助レンズ73、74、75により離れた位置にあるスクリーン(図示せず)上に拡大投写される。

【0061】光源61から主レンズ群79までの光学部品により投写器が構成され、光源61は投写器の上部に配置され、主レンズ群79は投写器の下部に配置される。凹面鏡63の光軸66と第3レンズ群82の光軸84とを含む平面を基準平面と定義すると、3つの液晶パネル70、71、72の各画面垂直方向は基準平面と平行であり、第1レンズ群80の光軸85は基準平面に垂直である。なお、液晶パネルの画面垂直方向を基準平面と垂直にし、第1レンズ群80の光軸85を基準平面と平行にする方法も考えられるが、液晶パネルの外形寸法が画面水平方向が画面垂直方向より長いので、主レンズ群79のバックフォーカスを長くする必要があり、その分収差補正が不利になるという問題がある。

【0062】主レンズ群79を構成する第1レンズ群80、第2レンズ群81、第3レンズ群82と、3つの補助レンズ73、74、75、色合成用のダイクロイックミラー76、77、平面ミラー78、83とを1つの鏡筒に収納するとよい。こうすると、補助レンズ73、74、75から第1レンズ群80までの光学系を精度良く組み立てることができる。ダイクロイックミラー76、77、平面ミラー78、83も投写レンズの一部であると考えるべきである。本発明の投写レンズは、テレンセントリック性が良好という特殊性があるので、投写画像の

コンバージェンス性能の確保に注意が必要となる。テレンセントリックでない通常の投写レンズを用いる場合には、液晶パネルの画像形成面に沿った平行移動と、液晶パネルの光軸方向の微小移動によりコンバージェンス調整を行うことができる。ところが、本発明の投写レンズはテレンセントリック性が良好であるので、液晶パネル70、71、72を前後に微小移動してもフォーカスずれを生じるだけで投写画像の大きさはほとんど変化しない。この場合、投写レンズの倍率色収差が十分小さければ、コンバージェンス性能を確保できる。本発明の投写レンズは軸上色収差と倍率色収差の補正に余裕があるので、倍率色収差を十分に小さく補正すれば、普通は大きな問題にはならない。それでも不十分な場合には、補助レンズ73、74、75を光軸に沿って微小移動することによりコンバージェンス調整を行うとよい。この場合、2色のフォーカスがずれるが、(図3)に示した投写レンズは軸上色収差と倍率色収差が小さいので実用上問題ない。

【0063】投写画像のフォーカス調整は、主レンズ群79の第2レンズ群81を光軸85方向に微小移動するといよい。あるいは、第1レンズ群80と第2レンズ群81とを一体にして光軸85方向に微小移動してもよい。なお、第1レンズ群80または第3レンズ群82の微小移動によるフォーカス調整は、レンズ群の移動量に対してガウス像面の移動量が小さいのでレンズ群を大きく移動する必要があり、そうすると収差バランスが劣化するので望ましくない。

【0064】本発明の投写型表示装置の第1の実施例のキャビネット内の構成を(図16)に示す。91はキャビネット、92はスクリーン、93は投写器、94、95は平面ミラーである。

【0065】キャビネット91の前側上部にスクリーン92が配置され、下部後方に投写器93が配置され、下部前側に第1の平面ミラー94が配置され、スクリーン92の後方に第2の平面ミラー95が配置されている。投写器93の構成は(図15)に示したものと同一である。光源61は投写器93の上部に位置している。主レンズ79は、内部に平面ミラー83が内蔵されており、投写器93の下部に位置している。凹面鏡63の光軸66はスクリーン92と平行である。主レンズ群79からの出射光は2枚の平面ミラー94、95で反射された後にスクリーン92に到達する。こうして、3つの液晶パネル70、71、72上の光学像がスクリーン92の背後から拡大投写される。

【0066】(図15)、(図16)に示した構成の各部の具体的寸法の一例を以下に示す。スクリーンの有効画面サイズは対角43インチ(アスペクト比4:3)、液晶パネルの画面サイズは対角2.8インチ、投写レンズの焦点距離は60mm、投写距離は860mm、キャビネットの外形寸法は高さ940mm、奥行430mm

m、幅950mmである。このような寸法で構成することにより、大画面でありながら、セット全体を非常にコンパクトにすることができる。このようにセットがコンパクトになるのは、主レンズ群79の内部に平面ミラー83を内蔵させることにより投写器93の奥行方向の長さが短くなること、主レンズ群79の焦点距離が短いために投写距離が短くなること、によるものである。

【0067】(図15)、(図16)に示した構成は、投写レンズが実質的に1本であるので、カラーシフトは発生しない。また、光源61から各液晶パネル70、71、72までの照明光路長が3色で等しく、また各液晶パネル70、71、72の画面中心が投写レンズの光軸上に位置するので、色むらの発生は少ない。さらに、テレセントリック性が良好であるので、投写画像の画質むらの発生も少ない。また、カラーシフトがないので、両面にレンティキュラレンズを設けたレンティキュラ板を用いる必要がなく、スクリーンは構成が簡単に、低コスト化を期待できる。さらに、投写レンズを3本用いる方式では、投写器をキャビネット内に組み込んだ後でなければ、フォーカス調整、コンバージェンス調整を行えず、その調整作業は面倒であったが、(図15)、(図16)に示した構成では、投写器93からの出射光を反射型スクリーンに投写してコンバージェンス調整を行った後、投写器93をキャビネット91に組み込み、フォーカス調整のみを行えばよいので、光学系の調整が容易という利点がある。

【0068】次に、本発明の投写型表示装置の他の実施例について説明する。投写器の光学系の構成は多くの変形が考えられる。(図17(a) (b) (c) (d))に示すように、色分解光学系と色合成光学系のダイクロイックミラーの配置は共通でも、光源61の位置と投写レンズ79の位置により4通りの方式が考えられる。ただし、各方式でダイクロイックミラーに必要な分光透過率特性が異なる。光源61の出射光の光軸と投写レンズ79への入射光の光軸とを含む平面(基準平面)に対して液晶パネルの画面垂直方向を平行にする場合と垂直にする場合とが考えられる。投写レンズ79の使い方には、投写レンズ79内に平面ミラーを含まない場合と含む場合とがあり、平面ミラーを含む場合にはその出射光の光軸の向きを基準平面に対して垂直とする場合と、基準平面と平行で光源61側に向ける場合と、基準平面と平行で光源61の反対側に向ける場合とが考えられる。光学系の構成は、用途に応じて適宜最適な構成を選択するとよい。

【0069】一般に、液晶パネルの外形寸法は画面垂直方向に短く、画面水平方向に長いので、基準平面に対して液晶パネルの画面垂直方向を平行にする場合と垂直にする場合を比較すると、前者の方が主レンズ群79のバックフォーカスを短めにでき、バックフォーカスが短ければそれだけ投写レンズの収差補正是有利で

ある。前者の構成を採用した上で、投写器の奥行と高さを短くするには投写レンズの第1レンズ群の光軸を基準平面と垂直にするのがよい。

【0070】投写レンズ内に平面ミラーを内蔵しない場合も有用であり、複数のセットを例えれば横4台、縦4台配列するような用途では、CRT投写型ディスプレイによる同様のシステムに比べてセットの奥行が短くなる。このような用途では、投写レンズ79内に平面ミラーを配置すれば、セットの奥行を短くすることができる。また、(図18)に示すような構成にすれば、セットの奥行を大幅に短くすることができる。

【0071】(図18)は、キャビネット91内の水平断面構成を示したもので、投写レンズ79からスクリーン92までの光路中に1枚の平面ミラー94を配置し、投写器93をキャビネット91の右側または左側に配置したものである。投写器93の構成として、(図17(b))または(図17(d))に示した構成を採用するとよい。第1レンズ群の光軸はスクリーン92の画面水平方向と平行であり、第3レンズ群の光軸と第1レンズ群の光軸とスクリーン92の光軸とがコ字状となるようしている。また、各液晶パネルの画面垂直方向は、光源の光軸と第3レンズ群の光軸とを含む平面と平行である。この場合の各部の具体的寸法の一例を以下に示す。スクリーンの有効画面サイズは対角40インチ(アスペクト比4:3)、液晶パネルの画面サイズは対角2.8インチ、投写レンズの焦点距離は60mm、投写距離は800mm、キャビネットの外形寸法は高さ620mm、奥行720mm、幅825mmである。

【0072】以上の実施例ではライトバルブがツイストネマティック液晶を用いるTFT液晶パネルの場合について説明したが、他の方式の液晶パネルや電気光学結晶を用いるものなど、光学的特性の変化として光学像を形成する透過型のものであればライトバルブとして用いることができる。(図15)に示した構成で、各液晶パネル70、71、72の入射光側にそれぞれフィールドレンズとして正レンズを配置することができるし、(図15)に示した構成で、フィールドレンズをダイクロイックミラー67とダイクロイックミラー68との間、およびダイクロイックミラー67と平面ミラー69との間にそれぞれ配置することもできる。いずれも、フィールドレンズのパワーを適切に選べば、投写画像の周辺部の明るさを向上させることができる。

【0073】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、広角で、焦点距離に比べて実質的なバックフォーカスが非常に長く、収差補正の良好な投写レンズを提供することができ、また、この投写レンズを用いることにより、大画面でありながらコンパクトで、しかも高画質の投写画像を表示できるリア方式の投写型表示装置を提供することができ、非常に大なる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の投写レンズの原理を説明する説明図である。

【図2】本発明の投写レンズの原理を説明する説明図である。

【図3】本発明の投写レンズの第1の実施例における断面構成図である。

【図4】本発明の投写レンズの第1の実施例における収差図である。

【図5】本発明の投写レンズの第2の実施例における断面構成図である。

【図6】本発明の投写レンズの第3の実施例における断面構成図である。

【図7】本発明の投写レンズの第4の実施例における断面構成図である。

【図8】本発明の投写レンズの第5の実施例における断面構成図である。

【図9】本発明の投写レンズの第6の実施例における断面構成図である。

【図10】本発明の投写レンズの第2の実施例における収差図である。

【図11】本発明の投写レンズの第3の実施例における収差図である。

【図12】本発明の投写レンズの第4の実施例における収差図である。

【図13】本発明の投写レンズの第5の実施例における収差図である。

【図14】本発明の投写レンズの第6の実施例における収差図である。

【図15】本発明の投写型表示装置の投写器の構成を示す斜視図である。

す斜視図である。

【図16】本発明の投写型表示装置のキャビネット内の光学系の構成を示す一部破断斜視図である。

【図17】投写器の構成例を説明する概略構成図である。

【図18】本発明の投写型表示装置の他の実施例における水平断面図である。

【図19】従来の投写型表示装置の投写器の構成を示す概略構成図である。

【図20】従来の投写型表示装置の投写器の構成を示す斜視図である。

【図21】従来の投写型表示装置のキャビネット内の構成を示す側面構成図である。

【符号の説明】

61 光源

67, 68 ダイクロイックミラー

69 平面ミラー

70, 71, 72 液晶パネル

73, 74, 75 補助レンズ

76, 77 ダイクロイックミラー

78 平面ミラー

79 主レンズ群

G1, 80 第1レンズ群

G2, 81 第2レンズ群

G3, 82 第3レンズ群

M, 83 平面ミラー

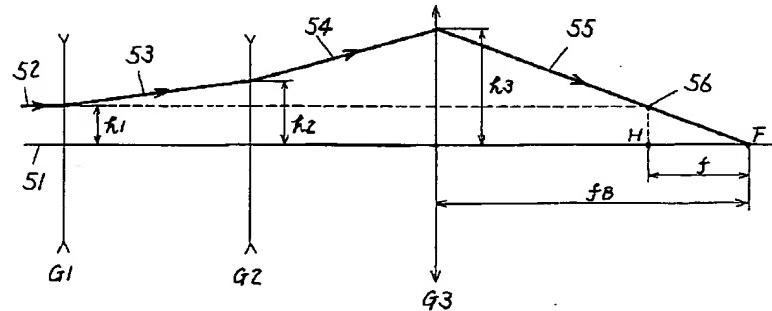
91 キャビネット

92 スクリーン

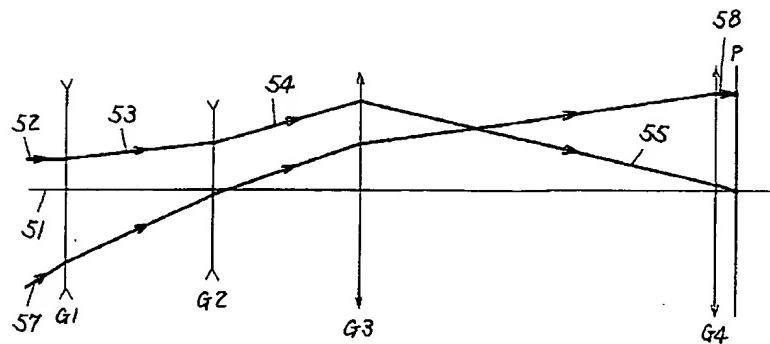
93 投写器

94, 95 平面ミラー

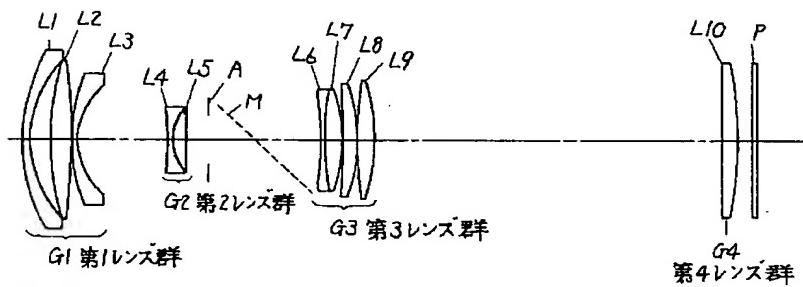
【図1】



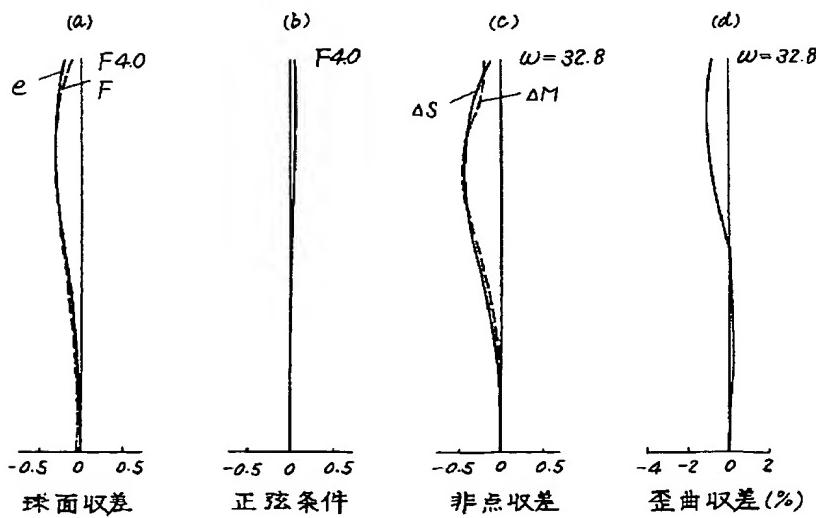
【図2】



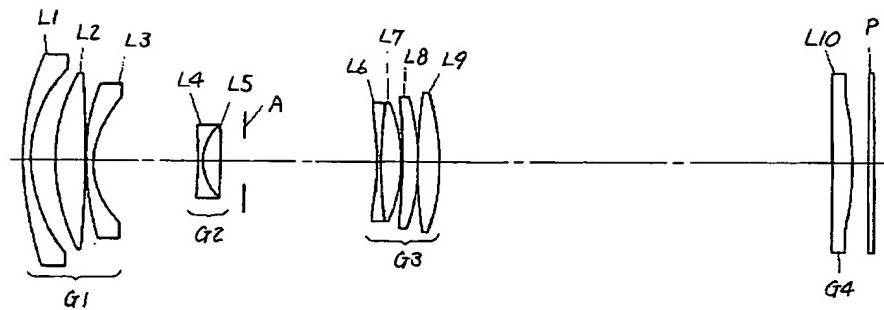
【図3】



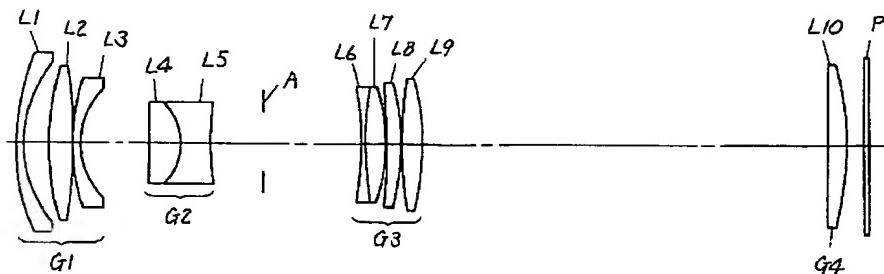
【図4】



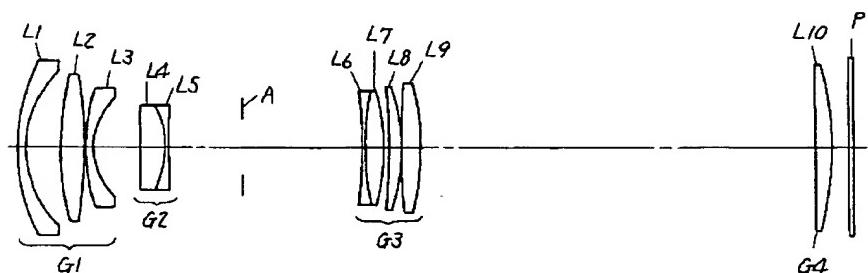
【図5】



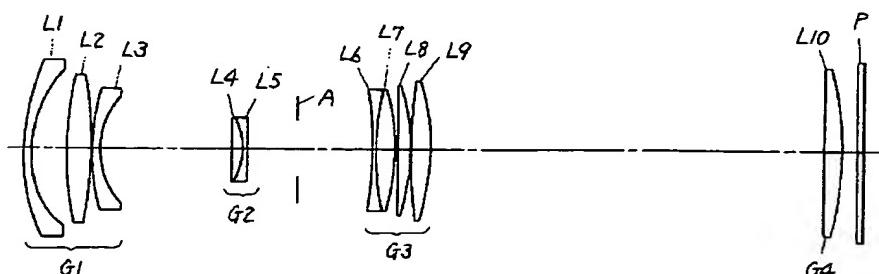
【図6】



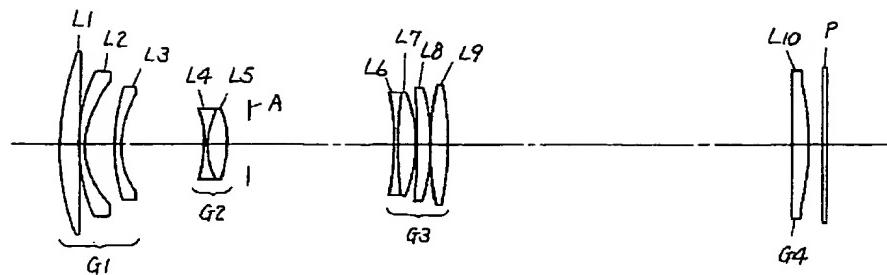
【図7】



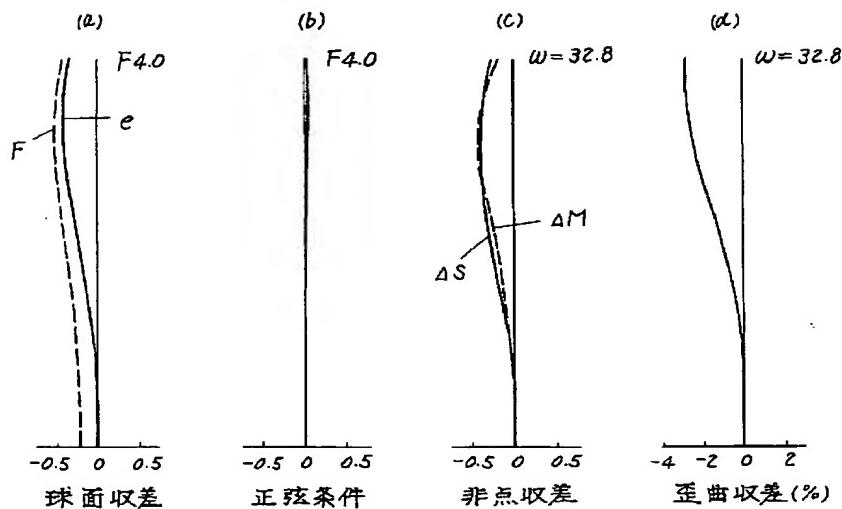
【図8】



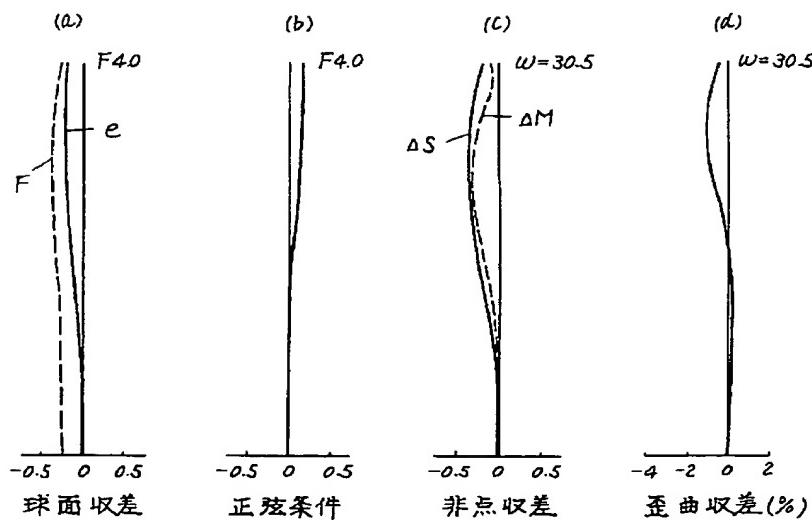
【図9】



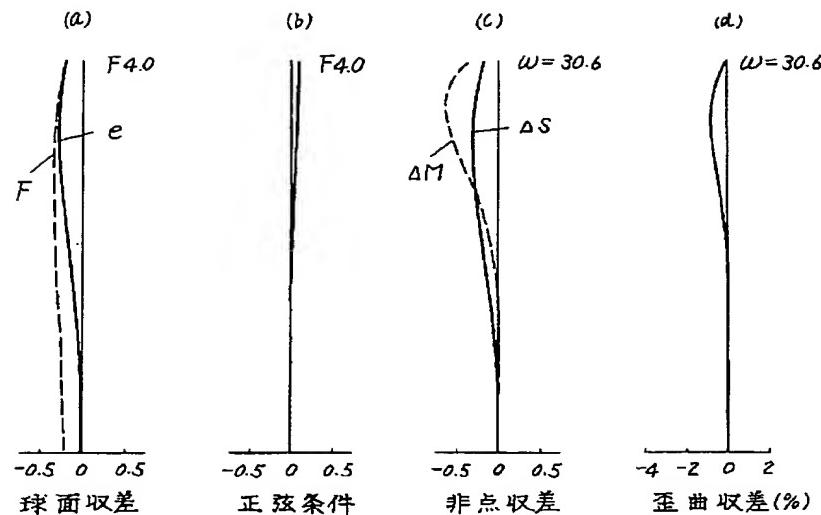
【図10】



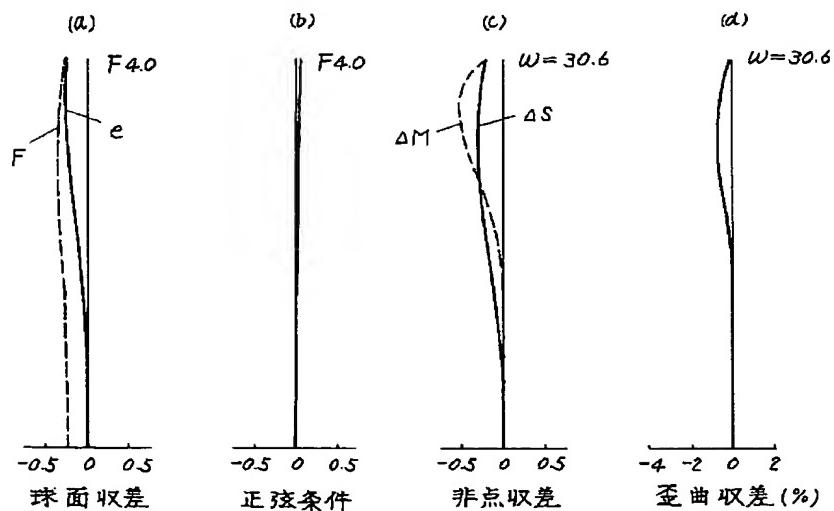
【図11】



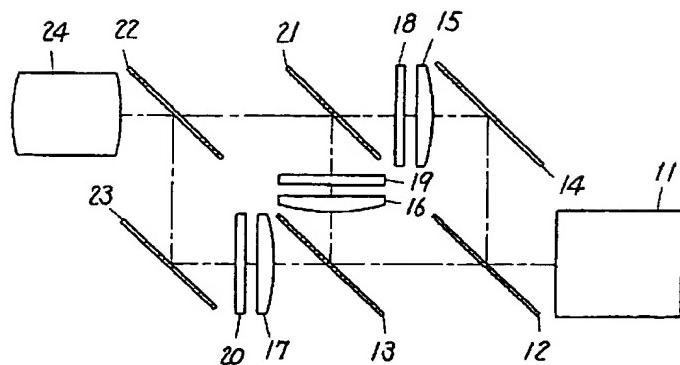
【図12】



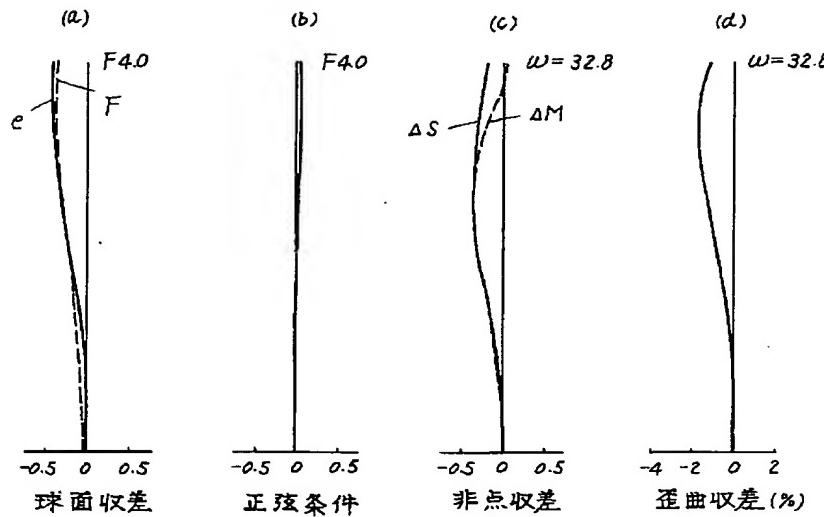
【図13】



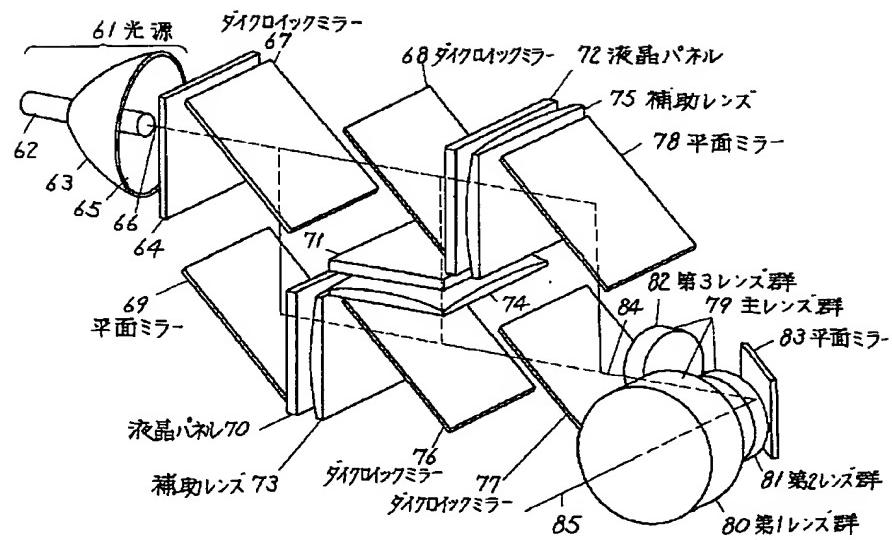
【図19】



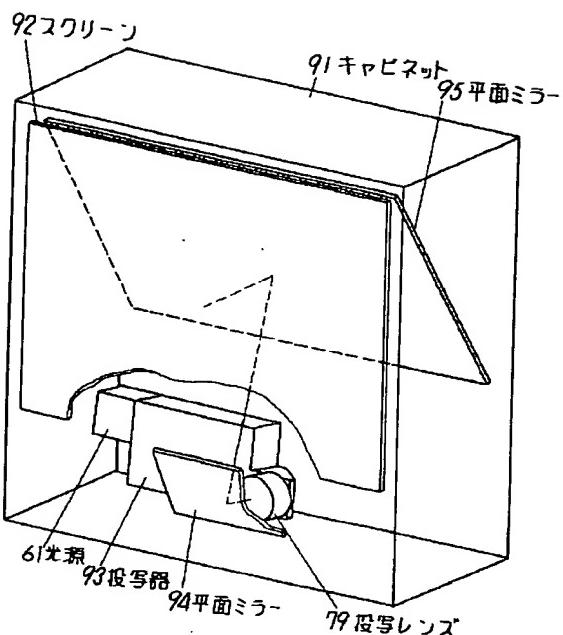
【図14】



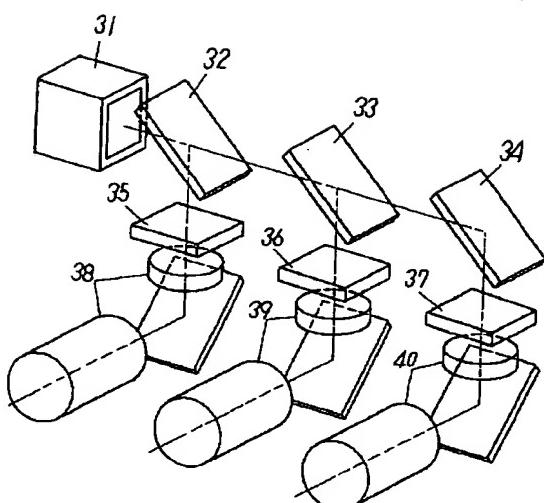
【図15】



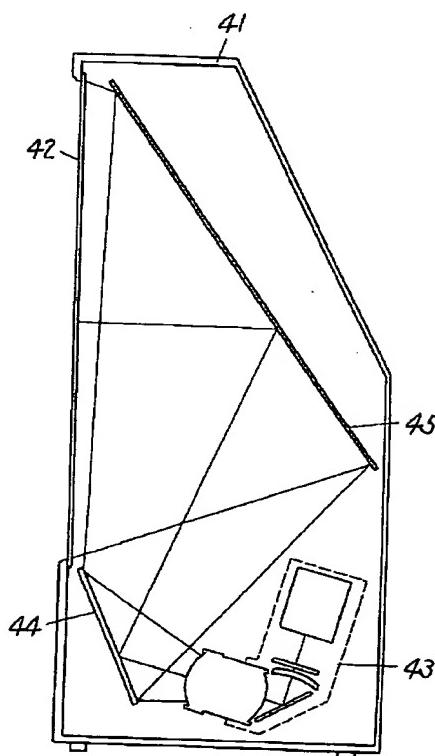
【図16】



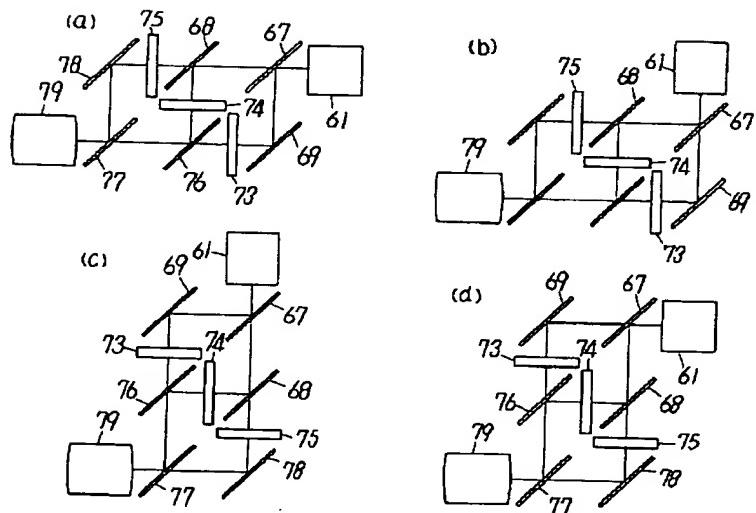
【図20】



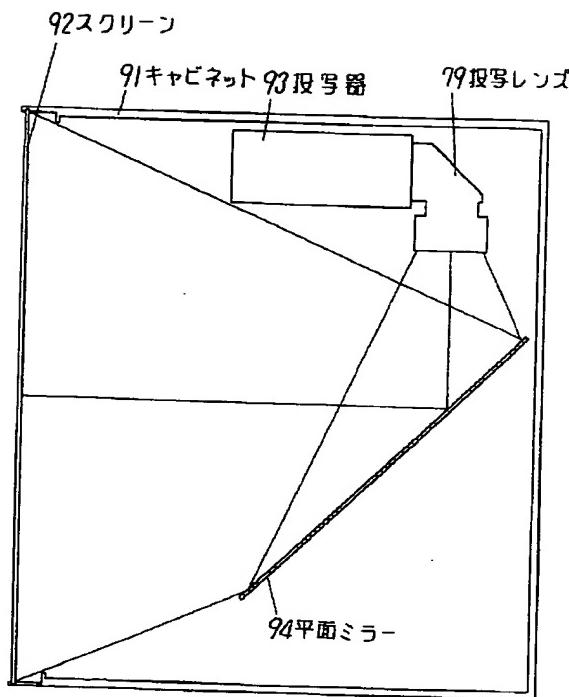
【図21】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 伏見 吉正

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内